

Deprem Bölgesi ve Yerel Zemin Sınıflarının Bina Maliyetine Etkileri

¹M. TÜRKMEN, ¹H. TEKELİ

Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Isparta

ÖZET: Bu çalışmada; konut türü betonarme bina taşıyıcı sistem maliyetinin; kat adedi, deprem bölgesi ve yerel zemin sınıflarına bağlı değişimleri incelenmiştir. İki dairesi, betonarme bir bina; dört, altı ve sekiz katlı olarak modellenmiştir. Oluşturulan modeller, Probina Orion 2000 analiz programı yardımıyla çözülmüştür. Bu çözümlerde, depremsiz durum ile 1⁰, 2⁰, 3⁰ ve 4⁰ deprem bölgelerinin her biri için, dört farklı zemin sınıfı dikkate alınmıştır. Her bir çözüm sonucunda; taşıyıcı sisteme ait betonarme betonu, donatı, kalıp ve kalıp iskelesi metrajları çıkarılarak; maliyet hesabı yapılmıştır. Bina toplam maliyeti ise, Bayındırlık Bakanlığının “2004 Yılı Yapı Yaklaşık Birim Maliyetleri Cetveli”’nden alınmıştır. Bu cetvele göre, model bina III. Sınıf / B grubunda kabul edilmiştir. Bu çalışmada amaç aynı zamanda; sadece düşey yüklerle göre tasarlanmış betonarme bir binanın, depremlili bölgede deprem güvenliğine uygun tasarlanması halinde, bina taşıyıcı sistemindeki maliyet artışlarını da ortaya koymaktır. Çalışma sonucunda, konut türü, betonarme binaları depreme dayanıklı olarak tasarlamak ve yapmak, bina toplam maliyetinin %4-8 gibi bir yüzdesine tekabül etkiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Bina Maliyeti, Deprem Bölgesi, Yerel Zemin Sınıfı

Effects of Local Soil Classification and Seismic Zone On the Cost of Building

Abstract: In this study, a certain type reinforced concrete structures are studied by means of a software developed for commercial usage, considering different seismic zones local soil conditions and number of stories as well. These four, six and eight story apartment buildings (whose floor plans and structural systems are all the same) are studied in according to Turkish Seismic Code (1997) and Turkish RC Code of Practice (TS 500-2000). There are two flats on each floor of the apartments involved. All the solutions were obtained by means of PROBİNA Orion 2000 software, considering equivalent (static) lateral earthquake loads specified by the Turkish Seismic Code (1997). This commercial purpose software can also computes reinforcement, concrete consumption and formwork amount as well. Cost of the whole building (and cost of the structural system) are then found in according to Turkish official unit prices coined by the Ministry of the Public Affairs and Settlement Works.

Keywords: Cost of Building, Local Soil Class, Seismic zone

Giriş

Ülkemiz topraklarının büyük bir bölümü deprem bölgesinde yer almaktadır. Bu nedenle, bölge ve nüfus olarak ülkemizin büyük bir bölümünün farklı boyutlarda deprem tehlikesi ile karşı karşıya olduğunu söylemek mümkündür.

Nitekim; 1992 Erzincan, 1995 Dinar, 1998 Adana-Ceyhan, 1999 İzmit-Adapazarı-Gölcük-Yalova ve 1999 Düzce’de meydana gelen depremlerde, ortaya çıkan can ve mal kayıpları, tehlikenin büyüklüğünü ortaya koymuştur. Bu gibi depremlerde ortaya çıkan kayıpların, ülkemizde, gelişmiş ülkelere göre çok daha büyük boyutlarda olması, üzerinde düşünülmesi gereken önemli bir konudur (1).

Betonarme yapıların tasarım ve yapım kuralları, halen yürürlükte bulunan “TS 500- Betonarme Yapıların Hesap Ve Yapım Kuralları” ile “1997 Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik”te verilmiştir. 1997 Deprem Yönetmeliğinde belirtilen deprem bölgeleri, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı’na hazırlanan ve Bakanlar Kurulu kararı ile yürürlükte olan Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası’nda gösterilmiş bulunan,

birinci, ikinci, üçüncü ve dördüncü derece deprem bölgeleridir. Yönetmelik; deprem bölgelerinde yapılacak binalardaki yerel zemin sınıflarını Z1, Z2, Z3 ve Z4 olarak tanımlamış bulunmaktadır (2).

Binaların ve bina türü yapıların deprem hesabında, yapıya etkiyecek toplam deprem yükü, yapının bulunduğu deprem bölgesi ve yerel zemin sınıfının yanında, yapının kütle ve periyoduna da bağlıdır (3). Deprem bölgeleri ve yerel zemin sınıfına göre, beklenen deprem şiddeti birbirinden farklı olacağından, yapıya etkiyebilecek deprem yükü de farklı olacaktır. Dolayısıyla yapının taşıyıcı sistemini oluşturan eleman boyutları ve/veya donatıları, buna bağlı olarak da taşıyıcı sistem maliyeti değişecektir.

Bu çalışmada, konut türü, iki dairesi betonarme bir bina; dört, altı ve sekiz katlı olarak Probina Orion 2000 analiz programı yardımıyla modellenerek çözülmüştür. Oluşturulan modellerin; dört değişik deprem bölgesi ve her bir deprem bölgesi için dört değişik zemin sınıfı esas alınmak suretiyle statik ve betonarme hesapları yapılmıştır. Ayrıca binaların depremsiz durumdaki çözümleri de yapılmıştır. Her bir çözümün sonucunda

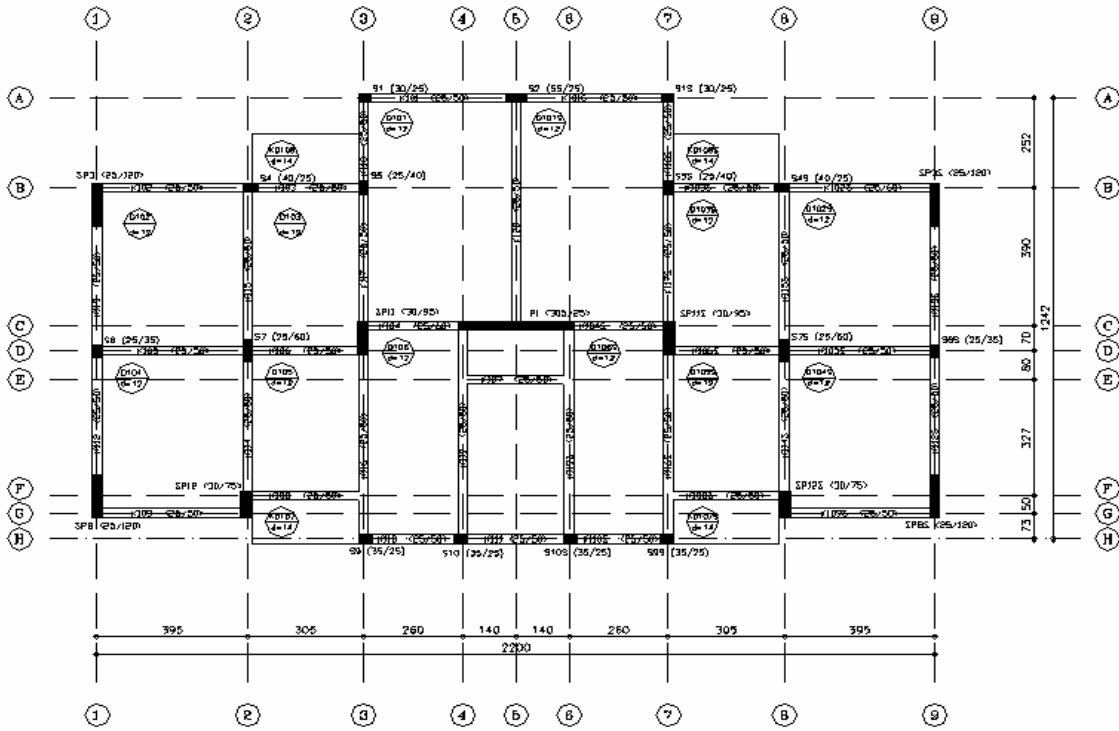
taşıyıcı sistemin; beton, donatı, kalıp ve kalıp iskelesi metrajlarına dayalı maliyet hesabı yapılarak, deprem bölgesi ve yerel zemin sınıflarına göre bina maliyetinin değişimi hesaplanmıştır.

Kullanılan Model Ve Özellikleri

Şekil 1’de kalıp planı verilen bina modeline ait giriş bilgileri aşağıda verilmiştir.

Bina Türü	:Konut (Apartman)
Kat Adedi	:4, 6, 8
Kat Yüksekliği	:3,10 m
Beton Sınıfı	:C20 (BS20)
Çelik Sınıfı	:Döşeme ve etriyeler S220 Diğer yapı elem. S420

Deprem Bölgesi	:1°, 2°, 3°, 4° ve Depremsiz
Zemin Sınıfı	:Z1, Z2, Z3, Z4
$\sigma_{z,emniyet}$:150 kN/m ²
Döşeme Kalınlığı	:Normal kat dös. $h_f=12$ cm, Konsol döşeme $h_f=14$ cm
Döşeme Yükleri	:Normal katta $g=3,9$ kN/m ² $q=2$ kN/m ² Çatı katta $g=4,25$ kN/m ² $q=1,5$ kN/m ²
Duvar Yükleri	:İç duvar 1/2T $g=2,5$ kN/m ² ; $h=2,6$ m Dış duvar 1T $g=3,8$ kN/m ² ; $h=1,8$ m
Kiriş Boyutları	: 25/50 cm
Kolon Boyutları	:Analiz sonucu yetersiz kaldıkça artırılmıştır.



Şekil 1. Seçilen model binanın kalıp planı

1997 Deprem Yönetmeliğine göre, birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde taşıyıcı sistemi sadece çerçevelerden oluşan betonarme binalarda, süneklik düzeyi yüksek sistemlerin kullanılması zorunluluğu vardır.

, yapı maliyetine etkisini araştırmak olduğu hatırlanırsa, yapılacak karşılaştırmalarda diğer faktörlerin sabit tutulması gerekir. Bu nedenle, tüm deprem bölgelerinde süneklik düzeyi yüksek çerçeveler kullanılmıştır.

Şekil 1’de kalıp planı verilmiş bulunan ve uygulamada karşılaşılabilecek tipte, konut türü, betonarme bir binanın dört, altı ve sekiz katlı olarak; depremsiz durumda ve dört Afet Yönetmeliği ile uyumlu çözümler yapabilen Probina Orion 2000 programı kullanılmıştır.

Her bir çözüm için, model yapıların taşıyıcı sistemine ait; beton, donatı, kalıp ve kalıp iskelesi metrajları

Üçüncü ve dördüncü derece deprem bölgelerinde ise, bina yüksekliğinin $H_N \leq 25$ m olduğu durumlarda süneklik düzeyi normal çerçevelerin kullanılabilceği belirtilmektedir (4). Çalışmamızdaki amacın deprem bölgesi ve yerel zemin sınıfı değişiminin

İzlenen Yol ve Hesap Sonuçlarının Tanıtılması

değişik deprem bölgesinin her birinde, dört farklı yerel zemin sınıfı için çözümler yapılmıştır. Analizlerde TS500, TS498 ve 1997 çıkarılmıştır. Taşıyıcı sistem maliyetinde, bu metrajlar ile 2004 yılı birim fiyatları kullanılmıştır. Bina maliyeti hesabında ise; Bayındırlık ve İskan Bakanlığı’na yayınlanan “Mimarlık ve Mühendislik Hizmet Bedellerinin Hesabında Kullanılacak 2004 Yılı Yapı

Yaklaşık Birim Maliyetleri” cetvelinden yararlanılmıştır. Bu cetvelde; dört ve daha fazla katlı konut tipi (Asansörlü ve/veya kaloriferli) yapılar, III. Sınıf/B Grubunda yer almaktadır.

Çözümü yapılan model binaların, yukarıda bahsedilen grup içerisinde yer aldığı kabul edilmiş, bina kapalı alanı ile grup birim alan maliyeti çarpılarak; her bir model binanın yaklaşık maliyeti hesaplanmıştır (Çizelge 1).

Çizelge 1. Bina Toplam Maliyeti

KAT	ALAN (m ²)	m ² Maliyeti (YTL)	Bina Maliyeti (YTL)
4	989.534	322	318,630
6	1484.301	322	477,945
8	1979.068	322	637,260

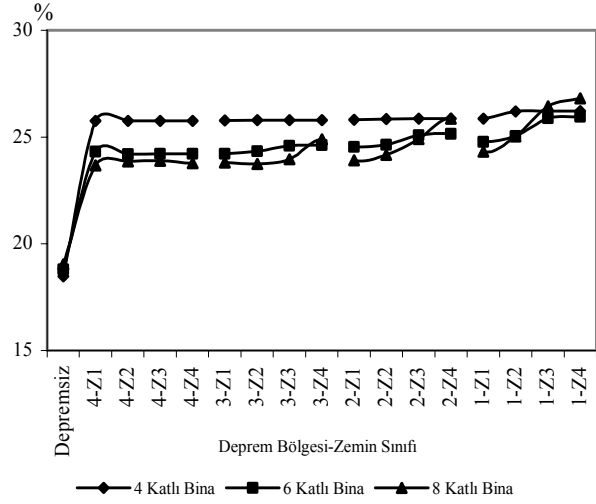
Dört, altı ve sekiz katlı binalar için taşıyıcı sistem maliyetinin bina toplam maliyeti içindeki %’si hesaplanarak, deprem bölgesi ve yerel zemin sınıflarının bu değeri hangi oranda etkilediği araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar % olarak Çizelge 2’de; grafik olarak Şekil 2’de verilmiştir.

Çizelge 2. Dört, Altı Ve Sekiz Katlı Binada Taşıyıcı Sistem Maliyetinin Bina Toplam Maliyeti İçindeki %’si

Depr.Böl./ Zemin Sın.	4 Katlı Bina	6 Katlı Bina	8 Katlı Bina
Depremsiz	18.49	18.79	19.03
4/Z1	25.77	24.31	23.67
4/Z2	25.77	24.20	23.86
4/Z3	25.77	24.21	23.89
4/Z4	25.77	24.21	23.77
3/Z1	25.77	24.22	23.81
3/Z2	25.79	24.33	23.75
3/Z3	25.79	24.58	23.96
3/Z4	25.79	24.63	24.90
2/Z1	25.80	24.54	23.91
2/Z2	25.84	24.64	24.17
2/Z3	25.85	25.08	24.92
2/Z4	25.86	25.14	25.86
1/Z1	25.86	24.77	24.32
1/Z2	26.20	25.05	25.03
1/Z3	26.21	25.87	26.43
1/Z4	26.22	25.95	26.80

Şekil 2’ye bakıldığında; kat adedi değişiminin, taşıyıcı sistem maliyetinin bina toplam maliyeti içerisindeki %’sini fazla etkilemediği görülür. Taşıyıcı sistem maliyetinin bina toplam maliyetine oranı %23-27 gibi bir değere tekabül etmektedir. Kat adedinin, deprem bölgesi

ve yerel zemin sınıfının bu yüzde değerini fazlaca etkilemediği söylenebilir.



Şekil 2. Bina taşıyıcı sistem maliyetinin bina toplam maliyeti içerisindeki %’si

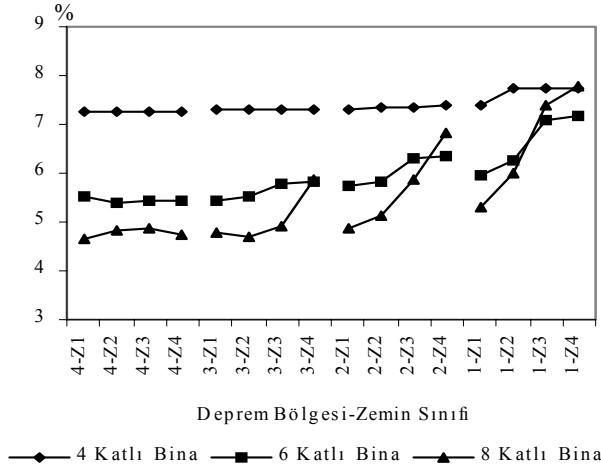
Her bir deprem bölgesi için, yerel zemin sınıflarına ait bina taşıyıcı sistem maliyeti ile depremsiz durum taşıyıcı sistem maliyeti arasındaki fark hesaplanmıştır. Bu farkın binanın toplam maliyeti içerisindeki yüzdesi bulunmuştur. Sonuçlar; dört, altı ve sekiz katlı binalar için Çizelge 3’te verilmiştir. Aynı sonuçlar Şekil 3’te grafik olarak gösterilmiştir.

Çizelge 3. Depremsiz durum ile depremlili duruma ait taşıyıcı sistem maliyetleri farkının; bina toplam maliyeti içerisindeki %’si

Depr. Böl./ Zemin Sın.	4 Katlı Bina	6 Katlı Bina	8 Katlı Bina
4/Z1	7.28	5.51	4.64
4/Z2	7.28	5.41	4.83
4/Z3	7.28	5.42	4.86
4/Z4	7.28	5.42	4.73
3/Z1	7.29	5.43	4.78
3/Z2	7.30	5.54	4.72
3/Z3	7.31	5.79	4.93
3/Z4	7.31	5.83	5.86
2/Z1	7.32	5.75	4.88
2/Z2	7.36	5.85	5.14
2/Z3	7.37	6.29	5.89
2/Z4	7.37	6.35	6.83
1/Z1	7.38	5.98	5.29
1/Z2	7.72	6.25	6.00
1/Z3	7.72	7.08	7.40
1/Z4	7.74	7.16	7.77

Bu çizelge ve şekle bakıldığında, dört ve sekiz kat arasındaki binaları depreme dayanıklı olarak tasarlanmanın ve yapmanın; bina toplam maliyetinde %4 ile %8 arasında bir artışa neden olabileceği görülür. Bu artış yüzdesi dikkate alındığında taşıyıcı sistem elemanlarının

kesitlerinde ve donatısında tasarruf amacıyla herhangi bir kısıntıya gitmenin; yükleniciye fazla bir maddi girdi sağlamayacağı açıkça görülmektedir.



Şekil 3. Depremsiz durum ile depremli duruma ait taşıyıcı sistem maliyetleri farkının; bina toplam maliyeti içerisindeki %'si

Sonuç

Konut türü betonarme bir binanın dört, altı ve sekiz katlı olarak; depremsiz durumda ve dört değişik deprem bölgesinin her birinde dört farklı yerel zemin sınıfı için statik betonarme hesapları yapılmıştır. Her bir çözüm sonucunda, bina taşıyıcı sistem maliyetine ait; beton, donatı, kalıp ve kalıp iskelesi metrajları çıkarılarak, maliyet hesabı yapılmıştır. Deprem bölgesi ve yerel zemin sınıfı değişiminin bina taşıyıcı sistem maliyetini ne derecede etkilediği ortaya konulmuştur.

Kat adedi dört ile sekiz arasında değişen binalarda, taşıyıcı sistem maliyeti, bina toplam maliyetinin % 23-27'si arasında bir değere tekabül etmektedir. Kat adedi, deprem bölgesi ve zemin sınıfı değişiminin bu oranları fazla etkilemediği görülmüştür. Buradan sekiz kata kadar olan betonarme binalarda; taşıyıcı sistem maliyetinin, bina toplam maliyetini fazlaca etkilemeyeceğini söylemek mümkündür.

Depremsiz yani sadece düşey yüklere göre tasarlanmış, kat adedi dört ile sekiz arasında değişen betonarme binalar; 1997 Deprem Yönetmeliği esaslarına göre tasarlandıklarında; bina toplam maliyetini yaklaşık %4-8 arasında artıracığı sonucuna varılmıştır.

Bir binayı depreme dayanıklı yapmakla yapmamak arasındaki maliyet farkı, bina toplam maliyetinin yaklaşık %4-8 gibi küçük bir oranını oluşturmaktadır. Toplam bina maliyeti içerisindeki yüzdesi bu kadar küçük olan bir maliyeti düşürmek amacıyla, taşıyıcı sistem elemanların boyut ve donatı tasarrufuna yönelmek, yapıyı deprem güvenliği açısından tehlikeye düşürmekten başka bir işe yaramayacağını söylemek mümkündür.

Depreme dayanıklı yapı ile depremin hiç dikkate alınmadığı yapı arasındaki taşıyıcı sistem maliyet farkı bu kadar küçükse; geçmişte yaşadığımız depremler

sonucunda meydana gelen can ve mal kayıpları hatırlanırsa, bu maliyetten kaçınmaya çalışmanın faturasının ne kadar büyük olabileceğini görmek mümkündür. Sonuçta %4-8 gibi bir maliyetten kaçınmak isterken, meydana gelebilecek olası bir depremde, çok daha fazla maddi kayıplar ortaya çıkabilecek, belki de bu binanın yıkılmasıyla oluşacak maddi kayıp %100 olacaktır.

Kaynaklar

- [1] Tekeli, H., 2003. Deprem Bölgesi ve Yerel Zemin Sınıflarının Bina Maliyetine Etkileri. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 76s., Isparta.
- [2] Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (1997). Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara.
- [3] Celep, Z., Kumbasar, N., 2000. Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı. İstanbul Teknik Üniversitesi, 596 s. İstanbul.
- [4] Atımtay, E., 2000. Afet bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (Betonarme Yapılar). Orta Doğu Teknik Üniversitesi, 2 Cilt, Ankara
- [5] Dipova, N., 1996. Zemin Etüdlerinin Yapıların Projelendirilmesinde Yeri ve Önemi. İMO Antalya Bülten, Sayı:14, 40-41, Antalya.
- [6] Sağlam, E., 1996. Depreme Dayanıklı Yapılarda Yarar-Fiyat İlişkisi. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Y. Lisans Tezi, 107s., İstanbul.
- [7] Şapçı, M., 1998. Performance And Cost Evaluation Of Reinforced Concrete Buildings Designed According To 1975 And 1997 Turkish Seismic Design Codes. ODTÜ, Y. Lisans Tezi, 96s., Ankara.
- [8] Ulubay, A., 1997. Ülkemizde Birinci Derece Deprem Bölgelerinde Uygulanabilecek Çelik ve Betonarme Tip Konutun Maliyet Açısından Kıyaslanması. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Y. Lisans Tezi, 78s., Ankara.